FACTSHEET

ANIMAL SCIENCE

ORDER NO. 01-011

FEBRUARY 2001

AGDEX 420/20

Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs

CROSSBREEDING SYSTEMS FOR BEEF PRODUCTION

J. Handley, T. Hamilton, S. P. Miller

Commercial producers can improve productivity and efficiency by understanding and applying genetic principles. Improvement through genetics can be achieved using two different methods:

1. Selection
2. Crossbreeding

In order for commercial producers raising straightbred, single breed cattle to make genetic improvement, they must utilize selection, and provide an optimal environment for those cattle selected to express their genetic potential. Selection is an excellent tool with traits of moderate to high heritability such as growth rate and carcass traits. However, some of the most important traits related to beef cattle production, such as reproductive rate and calf survival, are of low heritability. This means the success of selection programs for these traits will be very limited.

Crossbreeding provides advantages from two main components, heterosis and complementarity. Heterosis (hybrid vigour) occurs when different breeds are mated together. One way to look at heterosis is that all purebred cattle are considered inbred as a result of breed formation and selection. Inbreeding leads to a reduction in performance, i.e. inbreeding depression. When different breeds are mated the crossbred progeny are less inbred than their parents. As a result the calves perform at a level above the average of their parents. This is heterosis, or hybrid vigour. Traits with lower heritability tend to exhibit high heterosis. Therefore, heterosis is more important for key traits relating to reproductive efficiency and calf survival, which have low heritabilities and do not respond well to selection (*Table 1*).

Each breed has it strengths and weaknesses. Complementarity results when desirable characteristics from different breeds are combined into a crossbred. Crossbreeding achieves a higher frequency of desirable characteristics among crossbreds than that found in either single parent breed. An example of complementarity would be mating a Charolais bull (growth and retail yield) to a Gelbvieh Angus cross cow. The result — the cow has the milk and the fertility, and the calf has more growth/retail yield. The characteristics gained from the mating complement each other. This effect of breed difference is powerful, but the choice of individuals from within a breed is also very important. Poor choices of breeds and animals from within a breed will have a lasting impact on the success of any crossbreeding plan.

TABLE 1. Heritability and Heterosis (Hybrid Vigour) Comparison

Traits	Heritability	Heterosis
fertility, mothering ability, calf survival	low	high
birth and weaning weight, milking ability and feedlot gain	medium	medium
mature weight, carcass quality	high	low

Heterosis in a sound crossbreeding program can increase productivity in the beef cow herd by 20%–25% over a comparable straight breeding program. To fully utilize the potential of a crossbreeding program, the cows themselves must be crossbred. Crossbred cows, when compared with straightbred cows, make better mothers. Crossbred cows wean approximately 15% more pounds of calf/cow exposed than straightbreds (*Table 2*). Another advantage is longevity and lifetime production. Research in Nebraska shows lifetime production and longevity of Hereford X Angus cows (3,258 lbs. weaned over 11 years) and Angus X Hereford cows (3,514 lbs. weaned over 10.6 years) was significantly greater than straightbred Angus (2,837 lbs. weaned over 9.4 years) or Herefords (2,405 lbs. weaned over 8.4 years).

The advantages of crossbred calves due to heterosis are also significant (*Table 3*). An optimum breeding system utilizes both methods of genetic improvement, with the mating of selected, genetically superior individuals in a well-planned crossbreeding program. This exploits both heterosis and complementarity.

TABLE 2. Heterosis Boost with Crossbred Cows

- 10% increase in conception rate
- 10% improvement in calving ease
- 7.5% increase in number of calves raised to weaning
- 5–10% increase in milk yield

Cumulative Effect = 15% increase in pounds weaned/cow exposed.

TABLE 3. Heterosis Advantage of Crossbred Calves

- 5% increase in number calves surviving to weaning.
- 5% heavier weaning weights
- 3% increase in postweaning gain

Combined Advantage = 10% more pounds weaned/calf born

HERD LEVEL PRODUCTION IMPROVEMENTS FROM SELECTION OR CROSSBREEDING

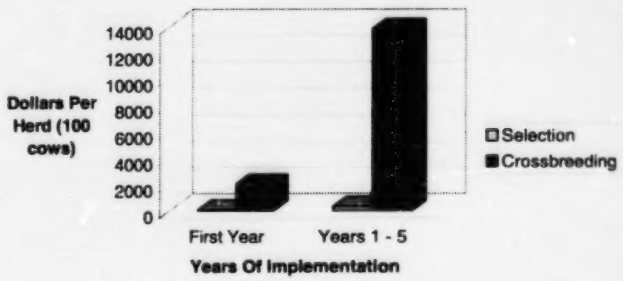
When calculating, at the herd level, the benefits from heterosis or selection over time, several factors have to be taken into account. Progress due to selection depends not only on the heritability of the trait, but also the intensity of selection, the genetic variation in the population, and the rate at which selected animals enter the herd (replacement rate). This makes the realization of benefits from selection a relatively slow process.

In contrast, benefits from heterosis are expressed at maximum value in each crossbred animal. This means that the payback from starting a crossbreeding system occurs much more quickly than from starting a selection program. For calf traits, maximum herd level heterosis benefits can be realized in the first year of a crossbreeding program, if all calves are crosses.

Figure 1 shows the expected economic benefits due to either selection or crossbreeding over a 5 year period, for the trait of calf livability (calves weaned / calves born). This trait has low heritability, but high heterosis potential. This example illustrates the difficulty in improving traits of low heritability through selection. Even after 5 years, the value of improvement from selection is very low (<$500 per herd), compared with benefits from heterosis (>$13,500). This represents a 34% increase in productivity due to heterosis, compared with the base straightbred herd. The economic benefit from increased calf livability in this case is **41 times greater for a crossbreeding program** than for a selection program, over the first 5 years.

Figure 2 shows the anticipated benefits over time when these two different genetic strategies are used to increase weaning weight. This trait has moderate heritability and moderate heterosis potential. It is typically featured in selection programs in the industry. Although improvement in weaning weight through selection is significant, crossbreeding will result in twice the amount of economic benefit over the initial 5 years.

FIGURE 1. Value Of Additional Production Due To Selection Or Crossbreeding To Improve Calf Livability [1,2,3]

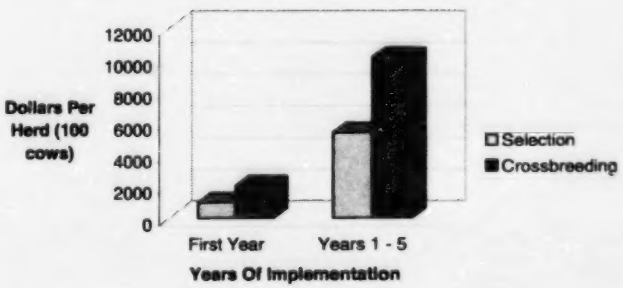


[1] *Accounts for heritability, selection intensity, genetic variation, cow replacement rate (20%), and parental contributions of sires and dams. Sires selected from top 10 % of population and replacement females from top 40% of heifer calves, for the trait of interest.*

[2] *Heterosis from implementation of a 3 breed rotational crossing program in a straightbred herd. Combination of heterosis due to crossbred calves and retention of crossbred replacement heifers in the herd*

[3] *Calves valued at $1.00/lb, base straightbred herd of 100 cows with 90% conception rate, 90% calf liveability and 500lb weaning weight. Base herd production value of $40,500 per year.*

FIGURE 2. Value of Additional Weaning Weight Due To Selection Or Crossbreeding[1]



[1] *Accounts for heritability, selection intensity, genetic variation, cow replacement rate (20%), and parental contributions of sires and dams. Sires selected from top 10 % of population and replacement females from top 40% of heifer calves, for the trait of interest.*

Three of the key production traits in cow-calf systems are conception rate, calf livability and weaning weight. The cumulative combined impact of heterosis for these traits, over an initial 5–year period, would be an improvement of 16% in value of production, relative to a base straightbred

herd. In contrast, a selection program would be expected to increase value of production by only 3%, relative to the base herd (assuming that selection for multiple traits was as efficient as for a single trait).

This demonstrates the very large potential benefits of crossbreeding in cow-calf production. If the option of purchasing hybrid females as a means of initiating a crossbreeding program were considered, the benefits from heterosis would accumulate even more quickly. It is important to note that both selection and crossbreeding may be practiced at the same time. A strategic plan which utilized both crossbreeding and selection would optimize the use of genetics in the beef herd.

CROSSBREEDING SYSTEMS

Crossbreeding is an effective method of improving efficiency of production in commercial cow-calf herds. However, commercial cattle producers should study crossbreeding systems and evaluate them before deciding which one is suitable for their environment and resources. *Table 4* outlines basic properties of crossbreeding systems to keep in mind when considering a program.

TABLE 4. Criteria for Evaluating Crossbreeding Systems

1. Level of hybrid vigour (heterosis)
2. Merit of component breeds
3. Complementarity
4. Consistency of performance
5. Deals with genetic antagonisms
6. Meets end-product target.

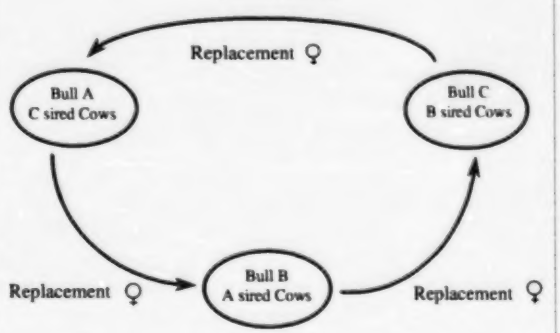
In general, crossbreeding systems fall into 2 categories, those that produce replacement females as well as market cattle (rotational & composite systems), and those that produce only market cattle (terminal cross). In rotational (or composite) systems, bulls must be selected with maternal traits in mind as well as growth and carcass traits, since replacement heifers are retained from within the herd.

Terminal systems allow for greater emphasis on selection for growth and carcass traits in bulls since female replacements are supplied from outside the herd. The genetic merit of a terminal bull for maternal traits is of no consequence since his female progeny will not be bred. Calving ease must be considered regardless of the type of crossing system.

ROTATIONAL SYSTEMS

The rotational system requires establishing two or more breeding herds. In a two-breed rotational system, two groups of crossbred cows are established. Cows sired by Breed A are mated to males of Breed B, and females sired by Breed B are mated to males of Breed A. In a three-breed rotation, a third breed is added to the sequence (*Figure 3*). In rotational systems heterosis is retained at high levels, 66% in two–breed rotation, 86% in three–breed rotation. However, fluctuation in breed composition between generations can result in considerable variation in level of performance among cows and calves, unless breeds used in the rotation are similar in performance characteristics. Use of breeds with similar performance characteristics restricts the use that can be made of breed differences to optimize breed complementarity.

FIGURE 3. Rotational System (3–Breed)



CROSSBRED (HYBRID) BULLS

Hybrid bulls offer an alternative method of rotational crossbreeding. Using F1 bulls or composite bulls in rotational systems can significantly reduce intergenerational variance, especially if breeds chosen to produce F1 bulls optimize performance levels (ie. breed complementarity) in their crosses (i.e. continental X British). Using F1 bulls consisting of the same two breeds as the crossbred cow–herd but unrelated can result in retention of 50% of maximum possible heterosis. Supply of performance tested F1 bulls from selected and proven purebred parents may be limited.

ROTATE SIRE BREED

The rotation of sire breeds every 2 to 4 years provides similar benefits to a rotational breeding system for producers with small herds and limited breeding pastures. The result is simplified management, and individual and maternal heterosis. Disadvantages are the increased intergenerational variation and reduction in heterosis as breed makeup of females' swings more toward one breed and back again. This can be minimized if the breeds utilized are similar.

Rotating F1 males every 2 to 4 years can help reduce intergenerational variation but maintain complementarity if appropriate breed crosses are selected. By rotating different breeds of F1 bulls (AB, CD, EF, etc.) every 4 years, you can avoid wide intergenerational swings in biological type, if breeds A, C and E are similar in type as are breeds B, D and F.

TERMINAL SYSTEM

In a terminal system *(Figure 4)* all calves are marketed and replacement females are purchased from outside the herd. This allows for more intensive selection for specific traits in the male and female lines used in the cross. Cows are usually selected for moderate frame, good milking and mothering ability. High growth potential and good carcass characteristics are important in the male line.

Heterosis benefits will be maximized when a crossbred cow (F1 female) is mated to a sire of a third breed. In a terminal system females are selected to match environment and resources while males are selected to meet end product targets (i.e. growth and carcass). High degree of complementarity and consistency of progeny is possible. Replacements need to be purchased and are price and availability dependent.

FIGURE 4. Terminal System

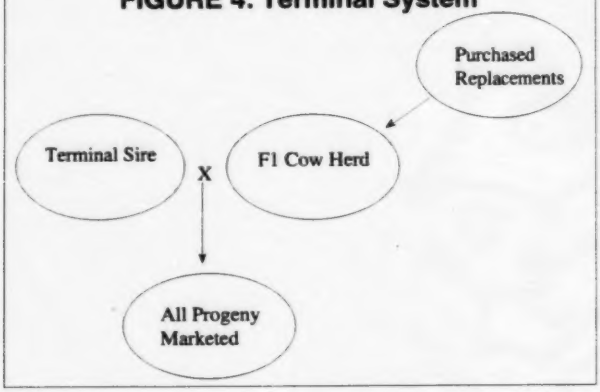
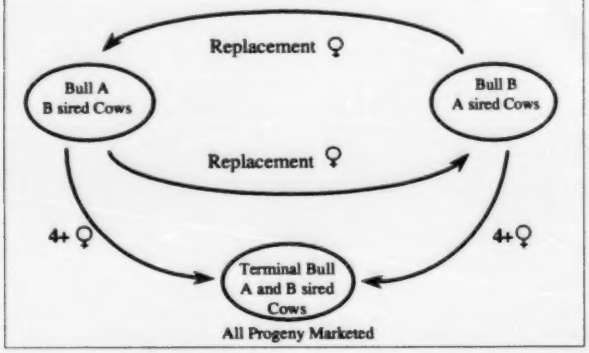


FIGURE 5. Rotational-Terminal



ROTATIONAL TERMINAL

Figure 5 demonstrates a rotational terminal system. This system combines the best parts from the traditional rotational systems and the static terminal sire systems. The rotational part of the system provides replacement females while the terminal sire part of the system allows most of the marketed calves to be sired by growth carcass type sires. Cows remain in the rotational part of the system until they reach 4 years of age and then they move to the terminal part of the system. However a large herd size is required (at least 100 cows).

COMPOSITES

Definition: *"A population made up of two or more component breeds, designed to retain heterosis (hybrid vigour) in future generations without crossbreeding with other breeds."*

Composite cattle are hybrid cattle that breed to their own kind, retaining a level of hybrid vigour we normally associate with traditional crossbreeding. Management requirement of a composite herd is similar to a straightbred herd, substantial heterosis can be maintained in composite populations so long as adequate number of sires are used in each generation to avoid inbreeding.

Heterosis will vary depending on the number of breeds that were used to form the composite. It can range from 50% of maximum possible heterosis for a 2–breed composite to 87.5% for an 8–breed composite. Selection of breeds going into the composite is also critical. Breed differences should be fully exploited so as to match the composite with the environment in which it will be used and to match it with market specifications.

Composites have the potential for "standardizing" commercial cattle, thus reducing the variation we currently see in market animals. Problem cattle today, from the feedlot and carcass perspective, are biologically extreme breeds. These extremes in market cattle are due to purebreds, high percentage animals from extreme breeds or crosses of similar extreme breeds. Often the result of poor crossbreeding decisions. With a composite breed, crossbreeding decisions are made when the breed is formed. Commercial producers just need to choose what composite breed to use. Composites are expected to be complete and balanced in performance and only those composites that fulfill this expectation are expected to survive.

WHICH BREEDS TO USE?

The environments and the resources available to raise beef cattle are as varied as the breeds themselves (*Table 5*). Notice the tremendous variability in the available breeds. Another factor to consider is the large degree of variability that exists within a breed. Breeding decisions involve individual animals, not breed averages, so selection of the right individuals within a breed is critical. Breed differences like these can be blamed for product inconsistency, but they can also be exploited to produce adapted animals and a consistent product.

Great variation in the seed stock and commercial cow–calf sectors of the industry is important to ensure you are positioned to match biological types of cows to

environments and resources. The challenge is to design effective crossbreeding systems that allow for diversity in the cow-calf sector and that deliver consistency of end product.

A number of factors must be considered when choosing breeds to use in a crossbreeding system. Among these are:

- individual breeding goals
- environment
- quantity and quality of feeds available
- cost and availability of good seed stock
- how breeds will complement each other in the crossing program; and
- market-specific breed combinations may command market premiums.

TABLE 5. Breeds Grouped into Biological Types for Four Criteria[ab]

Breed Group	Growth Rate & Mature Size	Lean to Fat Ratio	Age at Puberty	Milk Production
Jersey	X	X	X	XXXXX
Longhorn	X	XXX	XXX	XX
Herf-Angus	XXX	XX	XXX	XX
Red Poll	XX	XX	XX	XXX
Devon	XX	XX	XXX	XX
Shorthorn	XXX	XX	XXX	XXX
Galloway	XX	XXX	XXX	XX
South Devon	XXX	XXX	XX	XXX
Tarentaise	XXX	XXX	XX	XXX
Pinzgauer	XXX	XXX	XX	XXX
Brangus	XXX	XX	XXXX	XX
Santa Gert.	XXX	XX	XXXX	XX
Sahiwal	XX	XXX	XXXXX	XXX
Brahman	XXXX	XXX	XXXXX	XXX
Nellore	XXXX	XXX	XXXXX	XXX
Braunvieh	XXXX	XXXX	XX	XXXX
Gelbvieh	XXXX	XXXX	XX	XXXX
Holstein	XXXX	XXXX	XX	XXXXX
Simmental	XXXXX	XXXX	XXX	XXXX
Maine Anjou	XXXXX	XXXX	XXX	XXX
Salers	XXXXX	XXXX	XXX	XXX
Piedmontese	XXX	XXXXXX	XX	XX
Limousin	XXX	XXXXX	XXXX	X
Charolais	XXXX	XXXXX	XXXX	X
Chianina	XXXX	XXXXX	XXXX	X

[a] *From Cundiff et al., 1993 BIF Proceeding*
[b] *Increasing number of X's indicate relatively higher values.*

IDEAL MIX OF BIOLOGICAL TYPES

Scientists involved in breed evaluation research generally agree a mix of British and Continental breeding of about 50/50 for the cow herd would be optimal for most of North America, excluding the subtropical areas. Limited feed resources indicates a higher percentage of British breeding. Where abundant feed resources are available and/or maximum lean yield is desired, a higher percentage of Continental breeding is recommended. To maximize heterosis, do not over use any one particular breed.

SUMMARY

Crossbreeding can increase productivity in the cow herd by 20%–25% over a comparable straight breeding program, due to heterosis. Heterosis improves performance in key traits that are of low heritability. Levels of expected heterosis for the various mating systems outlined above are in *Table 6*. This increase can be achieved without increasing cow size and maintenance requirements. Crossbreeding can also produce benefits from complementarity.

Crossbreeding is an effective method of improving efficiency of production in commercial cow–calf herds. However, study the crossbreeding systems available and weigh the advantages and disadvantages before deciding which one suits your environment and production resources. While it is important to use crossbred cows, it is even more important that these crossbred cows match your production environment and feed resources.

Focusing on end-product targets is the next step but should only take place when the cow type is optimized for the production environment. *Table 7* is an attempt to characterize production environments and lists likely ranges for optimal levels of several important traits within those environments. To maximize the benefits of crossbreeding, a strong selection system must be utilized to identify breeding animals with superior genetic merit for heritable, economically important traits. Poor selection of breeds or bulls within a breed, will have a lasting impact on the crossbreeding program.

TABLE 6. Levels of Expected Heterosis for Various Mating Systems

Mating System	% of Maximum Possible Heterosis *	Estimated Increase in Calf Wt. Weaned per Cow Exposed (%)
Purebred	0	0
2–Breed Rotation at Equilibrium	67	16
3–Breed Rotation at Equilibrium	86	20
Rotate Sire Breed Every 4 Years:		
2 Breeds	50	12
3 Breeds	67	16
Terminal Sire X Purchased F1 Females	100	23-28
2–Breed Rotation & Terminal Sire	90	21
Rotating F1 Bulls:		
AB — AB	50	12
AB — AD	67	16
AB — CD	83	19
Composites:		
2–Breed Composite (½ A, ½ B)	50	12
3–Breed Composite (½ A, ¼ B, ¼ C)	67	15
4–Breed Composite (¼ A, ¼ B, ¼ C, ¼ D)	83	18

** Relative to F1 @ 100%*

TABLE 7. Matching Genetic Potential for Different Traits in Varying Production Environments[1]

Production Environment		Traits					
Feed Availability	Environ-mental Stress[2]	Milk Production	Mature Size	Ability to Store Energy[3]	Adapt-ability to Stress[4]	Calving Ease	Retail Yield
High	Low	M to H	M to H	L to M	M	M to H	H
	High	M	L to H	L to H	H	H	M to H
Medium	Low	M to H	M	M to H	M	M to H	M to H
	High	L to M	M	M	H	H	H
Low	Low	L to M	L to M	H	M	M to H	M
	High	L	L	H	H	H	L to M
Breed Role in Terminal Crossbreeding System							
Maternal		M to H	L to M	M to H	M to H	H	L to M
Paternal		N	H	L	M to H	M	H

[1] *L = Low; M = Medium; H = High; N=None*

[2] *Heat, cold, parasites, disease, mud, altitude, etc.*

[3] *Ability to store fat and regulate energy requirements with changing (seasonal) availability of feed.*

[4] *Physiologic tolerance to heat, cold, internal and external parasites, disease, mud and other stress.*

** adapted from Beef Improvement Federation. 1996. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs.*

This Factsheet was written by **Joanne Handley**, Beef Program Lead, Genetics, OMAFRA, Guelph, **Tom Hamilton**, Beef Program Lead, Production Systems, OMAFRA, Guelph and **Stephen P. Miller**, Animal and Poultry Science, University of Guelph.

POD
ISSN 1198-712X
Également disponible en français
(commande n° 01-012)

FICHE TECHNIQUE

ZOOTECHNIE

COMMANDE N° 01-012

FÉVRIER 2001

AGDEX 420/20

Ontario

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

SYSTÈMES DE CROISEMENTS POUR BOVINS DE BOUCHERIE

J. Handley, T. Hamilton et S. P. Miller

Les producteurs vache-veau peuvent améliorer leur productivité et leur efficacité en comprenant et en mettant en pratique les principes de la génétique. Des améliorations de nature génétique peuvent être obtenues par le biais de deux différentes méthodes :

1. La sélection
2. Le croisement

Pour obtenir des améliorations génétiques, les producteurs vache-veau qui élèvent des bovins consanguins de race pure doivent se servir de la sélection et procurer un environnement optimal aux bovins sélectionnés pour exprimer leur potentiel génétique. La sélection est un excellent outil dans le cas des caractères dont l'héritabilité est modérée à élevée, tels que le taux de croissance et les caractères liés à la carcasse. Toutefois, l'héritabilité de certains caractères les plus importants qui sont liés à la production des bovins de boucherie est faible. C'est le cas des taux de reproduction et de survie des veaux. La réussite d'un programme de sélection fondé sur ces caractères serait donc très limitée.

Le croisement présente des avantages provenant de deux composants principaux, l'hétérose et la complémentarité. L'hétérose (vigueur hybride) s'exprime lors de l'accouplement de deux races différentes. Dans l'optique de l'hétérose, tous les bovins de race pure sont considérés comme étant consanguins suite à la formation et à la sélection de la race. La consanguinité entraîne une réduction de la performance, c.-à-d. une dépression consanguine. Lorsque des races différentes sont accouplées, la progéniture croisée est moins consanguine que ses parents. Il en découle que la performance des veaux est supérieure à la moyenne de leurs parents. Voilà ce qu'est l'hétérose ou vigueur hybride. Les caractères dont l'héritabilité est plus faible ont tendance à présenter une hétérose élevée. Par conséquent, l'hétérose est plus importante pour les caractères clés, liés à l'efficacité reproductive et à la survie des veaux, dont l'héritabilité est faible et qui répondent mal à la sélection (*tableau 1*).

Chaque race a ses points forts et ses points faibles. La complémentarité entre en action lorsque des caractéristiques désirables de races différentes se combinent pour former une race croisée. Le croisement permet d'obtenir une fréquence plus élevée de caractéristiques désirables dans les races croisées par rapport à ce que l'on retrouve dans l'une ou l'autre des races parentales. Comme exemple de complémentarité prenons le croisement d'un taureau Charolais (croissance et rendement au détail) à une vache croisée Gelbvieh Angus. Résultat : la vache procure le lait et la fertilité, et le veau a une croissance et un rendement au détail plus élevés. Les caractéristiques acquises par cet accouplement se complètent. Cet effet de différence raciale est puissant, mais le choix des individus d'une race est également très important. Les mauvais choix de races et d'animaux d'une race donnée auront un impact persistant sur la réussite de tout programme de croisement.

TABLEAU 1. Comparaison de l'héritabilité et de l'hétérose (vigueur hybride)

Caractères	Héritabilité	Hétérose
fertilité, capacité de maternage, survie des veaux	faible	élevée
Poids à la naissance et poids au sevrage, facilité de traite et gain d'embouche	moyenne	moyenne
Poids adulte, qualité de la carcasse	élevée	faible

L'hétérose utilisée dans le cadre d'un programme de croisement judicieux peut augmenter la productivité d'un troupeau de bovins de boucherie de 20–25 % par rapport à un programme comparable de sélection en race pure. Pour utiliser pleinement le potentiel d'un programme de croisement, les vaches elles-mêmes doivent être croisées. Les vaches croisées, par rapport aux vaches consanguines, font de meilleures mères. Les vaches croisées sèvrent environ 15 % plus de livres de veau/vache que les vaches consanguines (*tableau 2*). Un autre avantage est la longévité et la production à vie. Des recherches effectuées au Nebraska montrent que la production à vie et la longévité de vaches Hereford X Angus (3 258 lb au sevrage en 11 ans) et de vaches Angus X Hereford (3 514 lb au sevrage en 10,6 ans) étaient supérieures de façon significative à celles de vaches

consanguines Angus (2 837 lb au sevrage en 9,4 ans) ou de vaches Hereford (2 405 lb au sevrage en 8,4 ans).

TABLEAU 2. Effet catalytique de l'hétérose chez les vaches croisées

- 10 % d'augmentation du taux de conception
- 10 % d'amélioration de la facilité de vêlage
- 7,5 % d'augmentation du nombre de veaux élevés jusqu'au sevrage
- 5–10 % d'augmentation de la production laitière

Effet cumulatif = 15 % d'augmentation de poids sevré/vache.

Par ailleurs, les avantages conférés aux veaux croisés par l'hétérose sont significatifs (*tableau 3*). Un système de reproduction optimal fait usage des deux méthodes d'amélioration génétique, en accouplant des individus sélectionnés qui sont génétiquement supérieurs, dans le cadre d'un programme de croisement bien conçu. Cela permet d'exploiter l'hétérose et la complémentarité.

TABLEAU 3. Avantage de l'hétérose chez les veaux croisés

- 5 % d'augmentation du nombre de veaux survivant jusqu'au sevrage
- 5 % des poids plus élevés au sevrage
- 3 % d'augmentation des gains après le sevrage

Avantage combiné = 10 % plus de livres sevrées/veau né

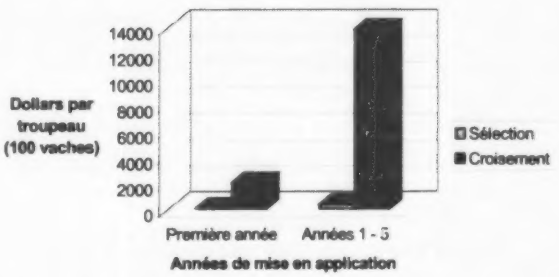
AMÉLIORATIONS DE LA PRODUCTION DU TROUPEAU PAR LA SÉLECTION OU LE CROISEMENT

Lorsque l'on calcule, pour le troupeau, les avantages qui découlent de l'hétérose ou de la sélection en fonction du temps, il faut tenir compte de plusieurs facteurs. Les progrès attribuables à la sélection dépendent non seulement de l'héritabilité du caractère, mais aussi de l'intensité de la sélection, de la variation génétique dans la population et de la vitesse à laquelle les animaux sélectionnés entrent dans le troupeau (taux de remplacement). La réalisation des avantages qui découlent de la sélection est ainsi un processus relativement lent.

Par opposition, les avantages afférents à l'hétérose s'expriment à leur valeur maximale dans chaque animal croisé. Cela signifie que les retombées rattachées à l'instauration d'un système de croisement sont observées beaucoup plus rapidement que celles qui découlent de l'instauration d'un programme de sélection. En ce qui concerne les caractères du veau, les avantages maximaux rattachés à l'hétérose au niveau du troupeau peuvent se concrétiser au cours de la première année du programme de croisement, si tous les veaux sont croisés.

La *figure 1* présente les avantages économiques attendus qui sont attribuables à la sélection ou au croisement sur une période de 5 ans, pour le caractère de la survie des veaux (veaux sevrés/veaux nés). L'héritabilité de ce caractère est faible, mais en contrepartie son potentiel d'hétérose est élevé. Cet exemple illustre la difficulté d'améliorer les caractères dont l'héritabilité est faible au moyen de la sélection. Même après 5 ans, la valeur d'amélioration attribuable à la sélection est très faible (< 500 $ par troupeau), par rapport aux avantages provenant de l'hétérose (> 13 500 $). Cela représente une augmentation de 34 % de la productivité attribuable à l'hétérose, par rapport au troupeau consanguin de base. L'avantage économique découlant de la survie accrue des veaux dans ce cas est **41 fois supérieur pour un programme de croisement** que pour un programme de sélection, au cours des premiers 5 ans.

FIGURE 1. Valeur de production supplémentaire attribuable à la sélection ou au croisement pour améliorer la survie des veaux [1,2,3]



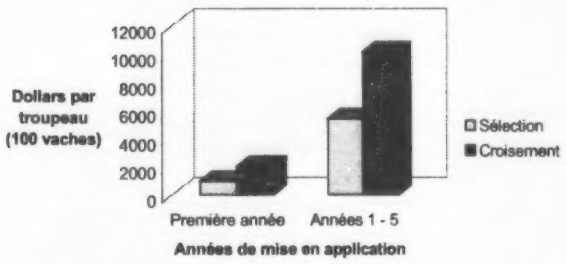
[1] *Compte tenu de l'héritabilité, de l'intensité de sélection, de la variation génétique, du taux de remplacement des vaches (20 %) et des contributions parentales des pères et des mères. Pères sélectionnés parmi les 10 % supérieurs de la population et femelles de remplacement parmi les 40 % supérieurs des génisses, pour le caractère d'intérêt.*

[2] *Hétérose résultant de la mise en application d'un programme de croisement rotatif à 3 races dans un troupeau consanguin. Combinaison de l'hétérose attribuable aux veaux croisés et conservation des génisses de remplacement croisées dans le troupeau.*

[3] *Veaux évalués à 1,00 $/lb, troupeau consanguin de base de 100 vaches ayant un taux de conception de 90 %, une survie des veaux de 90 % et un poids au sevrage de 500 lb. Valeur de production de base du troupeau de 40 500 $ par année.*

La *figure 2* présente les avantages prévus en fonction du temps lorsque ces deux stratégies génétiques différentes sont employées pour augmenter le poids au sevrage. L'héritabilité de ce caractère est modérée et son potentiel d'hétérose l'est aussi. Il figure de façon typique dans les programmes de sélection de l'industrie. Bien que l'amélioration du poids au sevrage par la sélection soit importante, le croisement se traduira par le double d'avantages économiques après les premiers 5 ans.

FIGURE 2. Valeur du poids supplémentaire au sevrage attribuable à la sélection ou au croisement[1]



[1] *Compte tenu de l'héritabilité, de l'intensité de sélection, de la variation génétique, du taux de remplacement des vaches (20 %) et des contributions parentales des pères et des mères. Pères sélectionnés parmi les 10 % supérieurs de la population et femelles de remplacement parmi les 40 % supérieurs des génisses, pour le caractère d'intérêt.*

Trois des caractères clés liés à la production dans les systèmes d'exploitation vache-veau sont le taux de conception, la survie des veaux et le poids au sevrage. L'impact combiné cumulatif de l'hétérose pour ces caractères, sur une période initiale de 5 ans, serait une amélioration de 16 % de la valeur de production, par rapport à un troupeau consanguin de base. Par opposition, il est attendu que la valeur de production d'un programme de sélection n'augmenterait que de 3 % par rapport au troupeau de base (en supposant que la sélection de caractères multiples était aussi efficace que pour un seul caractère).

Cela démontre le potentiel très élevé des avantages du croisement dans la production vache-veau. Si l'on considère l'option d'acheter des femelles hybrides comme moyen de démarrer un programme de croisement, les avantages conférés par l'hétérose s'accumuleraient encore plus rapidement. Il est important de savoir que la sélection et le croisement peuvent être employés en même temps. Un plan stratégique qui tire profit tant du croisement que de la sélection optimiserait l'emploi de la génétique au sein du troupeau de bovins de boucherie.

SYSTÈMES DE CROISEMENT

Le croisement est une méthode efficace pour améliorer l'efficacité de la production des troupeaux vache-veau. Cependant, les éleveurs commerciaux de bovins devraient étudier les systèmes de croisement et les évaluer avant de décider lequel convient le mieux à leur environnement et à leurs ressources. Le *tableau 4* donne un aperçu des propriétés de base des systèmes de croisement qu'il faut considérer lorsque l'on envisage d'adopter un programme.

En général, les systèmes de croisement se répartissent en 2 catégories, ceux qui produisent des femelles de remplacement et des bovins de marché (systèmes rotatifs et mixtes) et ceux qui ne produisent que des bovins de marché (croisement terminal). Dans les systèmes rotatifs (ou mixtes), les taureaux doivent être sélectionnés en fonction des caractères maternels, en plus des caractères liés à la croissance et à la carcasse, étant donné que les génisses de remplacement sont conservées dans le troupeau.

TABLEAU 4. Critères d'évaluation des systèmes de croisement

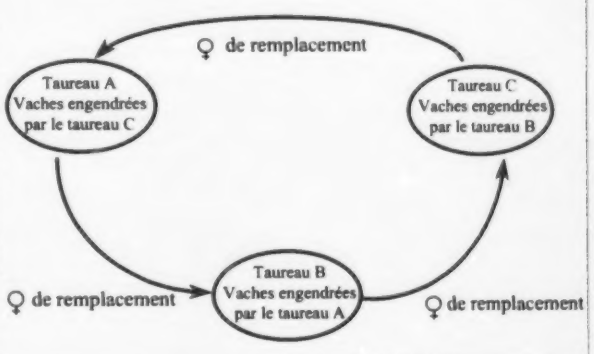
1. Niveau de valeur hybride (hétérose)
2. Valeur des races composantes
3. Complémentarité
4. Constance de la performance
5. Influence sur les antagonismes génétiques
6. Compatibilité avec le produit final ciblé.

Les systèmes terminaux permettent de mettre l'accent sur la sélection en fonction des caractères des taureaux qui sont liés à la croissance et à la carcasse, étant donné que les femelles de remplacement proviennent de l'extérieur du troupeau. La valeur génétique d'un taureau terminal en fonction des caractères maternels n'a aucune importance, puisque sa progéniture femelle ne sera pas accouplée. La facilité de vêlage doit être prise en considération sans égard au type de système de croisement.

SYSTÈMES ROTATIFS

Le système rotatif nécessite l'établissement de deux troupeaux de reproduction ou plus. Dans le système rotatif à deux races, deux groupes de vaches croisées sont formés. Les vaches engendrées par la Race A sont accouplées à des mâles de la Race B, et les femelles engendrées par la Race B sont accouplées à des mâles de la Race A. Dans le système rotatif à trois races, une troisième race est ajoutée à la suite (*figure 3*).

FIGURE 3. Système rotatif (3 races)



Dans les systèmes rotatifs, des niveaux élevés d'hétérose sont conservés, 66 % dans le cas de la rotation à deux races et 86 % dans le cas de la rotation à trois races. Toutefois, la fluctuation de composition de la race entre les générations peut entraîner une variation considérable des niveaux de

performance chez les vaches et les veaux, à moins que les races utilisées dans la rotation ne possèdent des caractéristiques de performance semblables. L'emploi de races dotées de caractéristiques de performance semblables restreint l'utilisation que l'on peut faire des différences raciales pour optimiser la complémentarité des races.

TAUREAUX CROISÉS (HYBRIDES)

Les taureaux hybrides offrent une méthode alternative de croisement rotatif. L'emploi de taureaux F1 ou de taureaux mixtes dans les systèmes rotatifs peut réduire de façon importante la variance intergénérationnelle, particulièrement si les races choisies pour produire les taureaux F1 optimisent les niveaux de performance (c.-à-d. la complémentarité des races) dans leurs croisements (ex. continental X britannique). L'emploi de taureaux F1 composés des deux même races que celles des vaches croisées, mais non apparentés, peut entraîner une conservation de 50% de l'hétérose maximale possible. L'approvisionnement en taureaux F1 dont la performance est éprouvée et qui sont issus de parents sélectionnés et confirmés consanguins pourrait être limité.

ROTATION DES RACES PATERNELLES

La rotation des races des pères aux 2 à 4 ans procure des avantages similaires à ceux d'un système de reproduction rotatif aux éleveurs de petits troupeaux dont la superficie de pâturages utilisés pour l'accouplement est limitée. Il en résulte une conduite simplifiée, ainsi qu'une hétérose individuelle et maternelle. Les inconvénients sont la variation intergénérationnelle accrue et la réduction de l'hétérose étant donné que la composition de la race des femelles oscille davantage vers une race, puis revient. Cet effet peut être réduit au minimum si les races utilisées sont similaires.

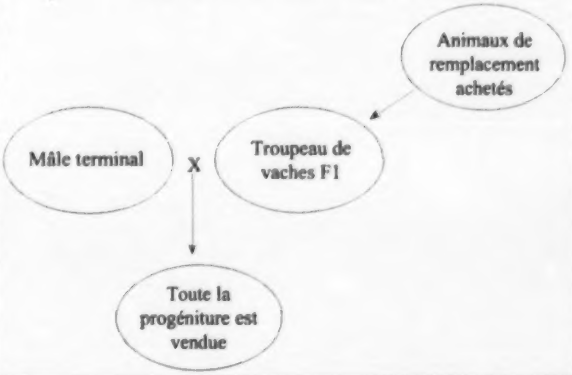
La rotation des mâles F1 aux 2 à 4 ans peut contribuer à réduire la variation intergénérationnelle, tout en maintenant la complémentarité si des croisements appropriés de races sont choisis. En effectuant une rotation de différentes races de taureaux F1 (AB, CD, EF, etc.) aux 4 ans, on peut éviter de grandes oscillations intergénérationnelles du type biologique, si les races A, C et E sont d'un type similaire aux races B, D et F.

SYSTÈME TERMINAL

Dans le système terminal *(figure 4)* tous les veaux sont mis sur le marché et les femelles de remplacement sont achetées à l'extérieur du troupeau. Cela permet d'effectuer une sélection plus intensive de caractères spécifiques chez les lignées de mâles et de femelles utilisées dans le croisement. Habituellement, la sélection des vaches se fait en fonction d'une taille moyenne, ainsi que de bonnes qualités de traite et de maternage. Un potentiel de croissance élevé et de bonnes caractéristiques de carcasse sont importants dans la lignée mâle.

Les avantages conférés par l'hétérose seront maximisés lorsqu'une vache croisée (femelle F1) est accouplée à un géniteur d'une troisième race. Dans le système terminal, les femelles sont sélectionnées de façon à correspondre à l'environnement et aux ressources disponibles, tandis que les mâles sont sélectionnés de manière à rencontrer les cibles visées en terme de produit final (c.-à-d. croissance et carcasse). Il est possible d'atteindre un haut degré de complémentarité et de constance chez la progéniture. Les animaux de remplacement doivent être achetés; leur prix et leur disponibilité varient.

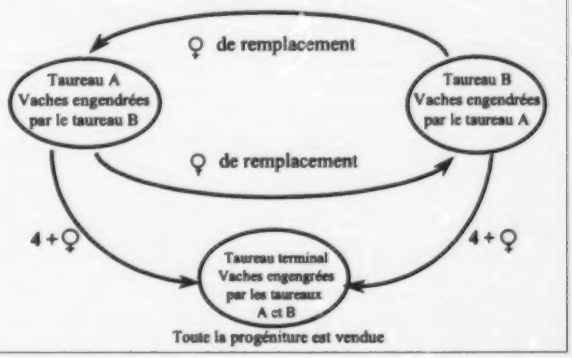
FIGURE 4. Système terminal



SYSTÈME ROTATIF TERMINAL

La *figure 5* illustre un système rotatif terminal. Ce système combine ce qu'il y a de mieux chez les systèmes rotatifs traditionnels et les systèmes statiques de géniteur terminal. La composante rotative fournit des femelles de remplacement, tandis que la composante du géniteur terminal permet à la plupart des veaux mis sur le marché d'être engendrés par des géniteurs dont le type favorise la croissance et une bonne carcasse. Les vaches demeurent dans la partie rotative du système jusqu'à l'âge de 4 ans, puis elles passent à la partie terminale du système. Un grand troupeau est toutefois nécessaire (au moins 100 vaches).

FIGURE 5. Rotatif-terminal



MIXTES

Définition : *Population composée de deux races constituantes ou plus, conçue de façon à conserver l'hétérose (vigueur hybride) dans les générations futures, sans avoir recours à des croisement avec d'autres races.*

Les bovins mixtes sont des bovins hybrides qui sont accouplés à leurs semblables et qui conservent un niveau de vigueur hybride que l'on associe normalement au croisement traditionnel. Les exigences en matière de conduite du troupeau mixte ressemblent à celles qui existent pour un troupeau consanguin; une hétérose substantielle peut être conservée dans les populations mixtes tant qu'un nombre adéquat de géniteurs est utilisé à chaque génération pour éviter la consanguinité.

L'hétérose variera en fonction du nombre de races qui sont utilisées pour former la population mixte. Elle peut s'échelonner de 50 % d'hétérose maximale possible pour une population mixte à 2 races, à 87,5 % pour une population mixte à 8 races. Le choix des races qui formeront la population mixte est lui aussi critique. Les différences qui existent entre les races devraient être pleinement exploitées de façon à apparier la population mixte à l'environnement dans lequel elle sera utilisée et à répondre aux demandes précises du marché.

Les races mixtes ont le potentiel de devenir la norme des bovins commerciaux, réduisant ainsi la variation que l'on observe actuellement chez les animaux de marché. Aujourd'hui, les bovins difficiles, en termes d'engraissement et de carcasse, sont des races extrêmes sur le plan biologique. Ces bovins de marché extrêmes sont dus aux bovins de race pure, au pourcentage élevé d'animaux de races extrêmes ou aux croisements de races extrêmes similaires. Ils sont aussi parfois le résultat de mauvaises décisions de croisement. En ce qui concerne les races mixtes, les décisions relatives aux croisements sont prises une fois que la race est formée. Les éleveurs commerciaux n'ont qu'à choisir la race mixte à utiliser. On s'attend à ce que les races mixtes soient complètes et équilibrées quant à la performance et que seuls les individus mixtes qui répondent à cette attente survivent.

QUELLES RACES UTILISER?

Les environnements et les ressources disponibles pour élever des bovins de boucherie sont tout aussi variés que les races (*tableau 5*). Il faut remarquer l'énorme variabilité entre les races disponibles. Un autre facteur dont on doit tenir compte est le degré élevé de variabilité qui existe à l'intérieur d'une race. Les décisions en matière de reproduction font appel aux animaux individuels et non à des moyennes de race, en conséquence, la sélection des individus qui conviennent à l'intérieur d'une race est critique. De telles différences de race peuvent être la cause du manque d'homogénéité du produit, mais elles peuvent également être exploitées pour produire des animaux adaptés et un produit constant.

La grande variation des animaux souches et des secteurs vache-veau commerciaux de l'industrie permet justement d'apparier les types biologiques des vaches aux environnements et aux ressources. Le défi qui se pose est de concevoir des systèmes efficaces de croisement où la diversité a sa place dans le secteur vache-veau et qui fournissent un produit final constant.

De nombreux facteurs sont à considérer dans le choix des races à utiliser pour le croisement. Parmi ces facteurs, notons :

- Les objectifs de reproduction individuels;
- L'environnement;
- La quantité et la qualité des aliments disponibles;
- Le coût et la disponibilité de bons animaux souches;
- La façon dont les races se compléteront l'une de l'autre au sein du programme de croisement; et
- Les combinaisons de races spécifiques au marché qui pourraient imposer des primes.

TABLEAU 5. Groupement de races en types biologiques en fonction de quatre critères[a,b]

Groupe de race	Taux de croissance et taille adulte	Rapport muscle / graisse	Âge à la puberté	Production laitière
Jersey	X	X	X	XXXXX
Longhorn	X	XXX	XXX	XX
Herf-Angus	XXX	XX	XXX	XX
Red Poll	XX	XX	XX	XXX
Devon	XX	XX	XXX	XX
Shorthorn	XXX	XX	XXX	XXX
Galloway	XX	XXX	XXX	XX
South Devon	XXX	XXX	XX	XXX
Tarentaise	XXX	XXX	XX	XXX
Pinzgauer	XXX	XXX	XX	XXX
Brangus	XXX	XX	XXXX	XX
Santa Gert.	XXX	XX	XXXX	XX
Sahiwal	XX	XXX	XXXXX	XXX
Brahman	XXXX	XXX	XXXXX	XXX
Nellore	XXXX	XXX	XXXXX	XXX
Braunvieh	XXXX	XXXX	XX	XXXX
Gelbvieh	XXXX	XXXX	XX	XXXX
Holstein	XXXX	XXXX	XX	XXXXX
Simmental	XXXXX	XXXX	XXX	XXXX
Maine Anjou	XXXXX	XXXX	XXX	XXX
Salers	XXXXX	XXXX	XXX	XXX
Piedmontese	XXX	XXXXXX	XX	XX
Limousin	XXX	XXXXX	XXXX	X
Charolais	XXXX	XXXXX	XXXX	X
Chianina	XXXX	XXXXX	XXXX	X

[a] *Tiré de Cundiff et al., 1993 BIF Proceeding*

[b] *Un nombre croissant de X indique des valeurs relativement plus élevées.*

MÉLANGE IDÉAL DE TYPES BIOLOGIQUES

Les scientifiques qui font de la recherche sur l'évaluation des races considèrent généralement qu'un mélange de races britannique et continentale d'environ 50/50 dans un troupeau de vaches serait optimal dans la majeure partie de l'Amérique du Nord, à l'exception des zones subtropicales. Les ressources alimentaires limitées commandent un pourcentage plus élevé de race britannique. Un pourcentage plus élevé de race continentale est recommandé dans les régions où des ressources alimentaires abondantes sont disponibles ou si l'on désire obtenir un rendement maximal en muscles. Afin de maximiser l'hétérose, il ne faut pas sur-utiliser une race particulière, quelle qu'elle soit.

RÉSUMÉ

Le croisement peut augmenter la productivité du troupeau de vaches de 20–25 % par rapport à un programme comparable de reproduction consanguine, en raison de l'hétérose. L'hétérose améliore la performance de caractères clés dont l'héritabilité est faible. Les niveaux d'hétérose attendus des divers systèmes de croisement décrits ci-dessus sont présentés au *tableau 6*. Cette augmentation peut s'obtenir sans qu'on doive hausser la taille de la vache ni les exigences en matière d'entretien. Le croisement peut aussi produire des avantages découlant de la complémentarité.

Le croisement est une méthode utile d'améliorer l'efficacité de production des troupeaux vache-veau. Cependant, il faut étudier les systèmes de croisement disponibles et peser le pour et le contre avant de décider de celui qui convient à un environnement et des ressources de production précis. Bien qu'il soit important d'utiliser des vaches croisées, il est encore plus important que ces vaches croisées correspondent à l'environnement de production et aux ressources alimentaires disponibles.

L'étape suivante consiste à viser des cibles en terme de produit final, mais cela ne devrait se faire que lorsque le type de vache est optimisé en fonction de l'environnement de production. Dans le *tableau 7*, on a caractérisé les environnements de production; on y trouve la liste des fourchettes probables des niveaux optimaux de plusieurs caractères importants dans ces environnements. Pour maximiser les avantages du croisement, il faut utiliser un très bon système de sélection afin d'identifier les animaux reproducteurs qui ont une valeur génétique supérieure en ce qui a trait aux caractères héritables et économiquement importants. Une mauvaise sélection des races ou des taureaux dans un troupeau aura un impact persistant sur le programme de croisement.

TABLEAU 6. Niveaux d'hétérose attendus de différents systèmes de croisement

Système de croisement	% d'hétérose maximale possible *	Accroissement estimé du poids de veau sevré par vache (%)
Race pure	0	0
Rotation à 2 races à l'équilibre	67	16
Rotation à 3 races à l'équilibre	86	20
Rotation des pères aux 4 ans :		
2 Races	50	12
3 Races	67	16
Père terminal X Femelles F1 achetées	100	23–28
Rotation à 2 races et Père terminal	90	21
Rotation des taureaux F1 :		
AB — AB	50	12
AB — AD	67	16
AB — CD	83	19
Mixtes :		
Mixte à 2 races (½ A, ½ B)	50	12
Mixte à 3 races (½ A, ¼ B, ¼ C)	67	15
Mixte à 4 races (¼ A, ¼ B, ¼ C, ¼ D)	83	18

* *Par rapport à F1 à 100 %*

TABLEAU 7. Appariement du potentiel génétique de différents caractères en fonction de différents environnements de production[1]

Environnement de production		Caractères					
Disponibilité des aliments	**Stress environnemental[2]**	**Production laitière**	**Taille adulte**	**Capacité d'emmagasiner de l'énergie[3]**	**Adaptabilité au stress[4]**	**Facilité de vêlage**	**Rendement au détail**
Élevée	Faible	M–É	M–É	F–M	M	M–É	É
	Élevé	M	F–É	F–É	É	É	M–É
Moyenne	Faible	M–É	M	M–É	M	M–É	M–É
	Élevé	F–M	M	M	É	É	É
Faible	Faible	F–M	F–M	É	M	M–É	M
	Élevé	F	F	É	É	É	F–M
Rôle de la race dans le système de croisement terminal							
Maternel		M–É	F–M	M–É	M–É	É	F–M
Paternel		A	É	F	M–É	M	É

[1] *F = Faible; M = Moyen; É = Élevé; A = Aucun*

[2] *Chaleur, froid, parasites, maladies, boue, altitude, etc.*

[3] *Capacité d'emmagasiner des graisses et de réguler les besoins énergétiques en fonction des fluctuations saisonnières de la disponibilité des aliments.*

[4] *Tolérance physiologique à la chaleur, au froid, aux parasites internes et externes, aux maladies, à la boue et aux stress.*

* *Adapté et traduit de Beef Improvement Federation. 1996. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs.*

Nous remercions le Secrétariat d'État pour sa contribution financière à la réalisation de la présente fiche technique.

Cette fiche a été rédigée par **Joanne Handley**, chargée du programme sur les bovins de boucherie, Génétique, MAAARO, Guelph, **Tom Hamilton**, chargé du programme sur les bovins de boucherie, Systèmes de production, MAAARO, Guelph et **Stephen P. Miller**, Zootechnie et Aviculture, Université de Guelph.

Centre d'information du MAAARO
1 877 424-1300
ag.info@omafra.gov.on.ca

www.gov.on.ca/omafra

POD
ISSN 0836-1053
Also available in English
(Order No. 01-011)